

О. Шаблій , докт.фіз.-мат.наук; Н. Гащин, канд.техн.наук
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПОСАДКИ, ШЛЯХИ ЕКОНОМІЇ ЕНЕРГІЇ

Проведено оцінку економії енергії, яка досягається в результаті виконання оптимального нагрівання в порівнянні з режимом термічної посадки за допомогою теплових джерел постійної в часі потужності.

O. Shabliyi; N. Hashchyn

TECHNOLOGICAL PROCESS OF THE FIT, THE WAY OF ECONOMY

The estimation of energy saving being obtained as compared the optimum heating with the regime of thermal fit using constant heat sources.

Економія енергії в процесі виконання технологічних процесів є важливою проблемою в машинобудуванні, приладобудуванні, енергетиці, будівництві, транспорті тощо. При конструюванні приладів і обладнання вказаних галузей часто застосовується технологічний процес термічної посадки з натягом [1]. Так при складанні опорних підшипників, корпусів із вставними втулками, зубчастих коліс на валах редукторів, з'єднувальних муфт, вставних кілець на валах електропоїздів, колісних пар рухомого складу здійснюють термічну посадку кільцевих дисків на круглі вали [2]. Нагрівання, як правило, здійснюється без урахування економного використання енергії теплових джерел. Тому математичне моделювання оптимальних режимів нагрівання з метою посадки кільцевих дисків при мінімальних енергозатратах та розробка на цій основі енергоощадної технології створення з'єднань з заданим натягом є актуальними.

Так у статті [3] розглянуто задачу несиметричного деформування кільцевого диска при мінімальних енергетичних затратах. Методом множників Лагранжа одержана система рівнянь керування питомою потужністю теплових джерел та граничні і часові умови задачі оптимізації з метою створення необхідного поля переміщень. На основі одержаних рішень можна розв'язати цілу низку практично важливих задач, зв'язаних з технологічним процесом термічної посадки.

Стаття [4] присвячена визначенню оптимального розподілу потужності внутрішніх джерел, дія яких за заданий час забезпечує задане переміщення внутрішнього контура в'язкопружного диска для посадки його на круглий вал. Методами варіаційного числення отримана розв'язуюча система рівнянь для круглого диска у випадку осесиметричної задачі. Одержана система ключових рівнянь розв'язана за допомогою методу малого параметра та методу відокремлення змінних для рівнянь математичної фізики. Знайдені таким чином режими нагріву забезпечують посадку дисків при мінімальних енергозатратах. Проведений числовий аналіз режимів нагріву, температурних полів, переміщень та напружень у диску дав змогу оцінити міцність диска, а також отримати інженерний варіант розрахунку оптимальних параметрів режиму нагрівання та температури, яка при цьому виникає.

Нагрів для термічної посадки кільцевого диска за допомогою теплових джерел сталої потужності досліджено в статті [5]. Аналітично визначено потужність, температурне поле та напружено-деформований стан диска.

Проведемо оцінку економії енергії, яка досягається в результаті порівняння оптимального нагрівання [4] з режимом термічної посадки з використанням сталих теплових джерел [5]. Доцільно здійснити оцінку ефективності і переваг застосування одного із вищезгаданих методів нагрівання. Слід відзначити, що метод нагріву з допомогою теплових джерел зі сталою питомою потужністю застосовується на практиці частіше внаслідок його простоти та наявного технологічного обладнання.

Оцінюючи ефективність розглянутих методів нагріву, зробимо це, в першу чергу, з огляду на їх економічність. Для її оцінки введемо коефіцієнт економії енергії, який визначимо за формулою

$$\Delta = \frac{\int_0^{\tau} \int_{R_1}^{R_2} w_{onm} r dr dt - \int_0^{\tau} \int_{R_1}^{R_2} w_{nocm} r dr dt}{\int_0^{\tau} \int_{R_1}^{R_2} w_{nocm} r dr dt} 100\%, \quad (1)$$

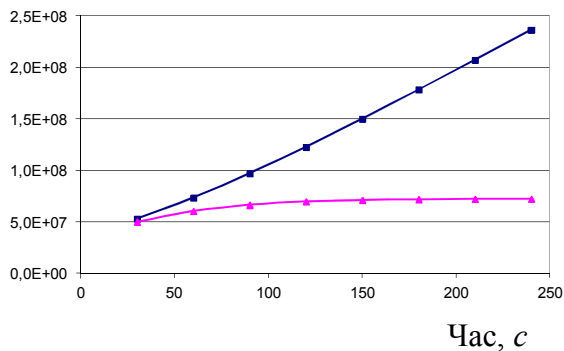
в якій $\int_0^{\tau} \int_{R_1}^{R_2} w_{onm} r dr dt$ та $\int_0^{\tau} \int_{R_1}^{R_2} w_{nocm} r dr dt$, помножені на $4\pi h$, означають енергію, яка затрачається на нагрівання диска за допомогою оптимальних та сталих джерел. Якщо коефіцієнт економії, який визначається в процентах, є від'ємна величина, то більш економним є оптимальне нагрівання. Для оцінки економії енергії нагрівання проведені підрахунки для дисків із сталі ЭИ481, титанового сплаву ВТ-6, алюмінієвого сплаву АД-33, поліаміду ПА-610. При часі нагріву $t = 60$ с коефіцієнти економії відповідно будуть дорівнювати 18%, 32%, 33%, 30%.

На рис. 1 зображено графіки загальних затрат енергії, яка потрібна для нагрівання кільцевих дисків із а) сталі ЭИ481, б) титанового сплаву ВТ-6, в) алюмінієвого сплаву АД-33, г) поліаміду ПА-610 у випадку використання джерел сталої потужності та джерел енергії, потужність яких змінюється за оптимальним законом в залежності від загального часу технологічної операції. Як видно, енергетичні затрати при використанні оптимального режиму значно менші, причому з плином часу їх величина стабілізується. При короткому нагріванні величина загальної використаної енергії в обох випадках близька за величиною. Проте, використання короткого часу нагрівання є недоцільним через можливе локальне перегрівання, фазові перетворення та значні температурні напруження.

Важливо також зауважити, що енергія, затрачена для нагріву диска за раціональний час (час, при подальшому збільшенні якого температура майже не змінюється) при сталій потужності значно перевищує енергію, необхідну для досягнення цієї ж мети у випадку оптимального нагріву за час активної дії (у випадку диска із сталі ЭИ481 - на 84%, для диска з титанового сплаву ВТ-6 - на 169%, для диска з алюмінієвого сплаву АД-33 - на 111%, для поліаміду ПА-610 - на 180%).

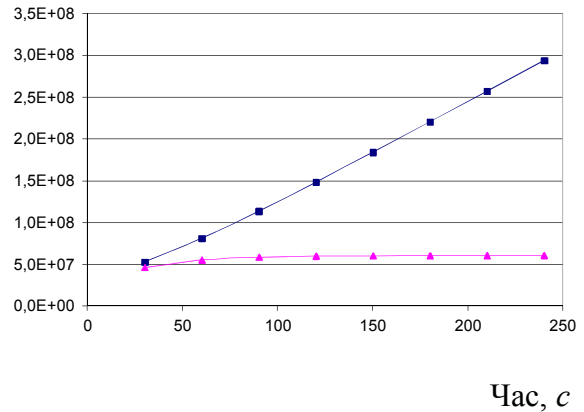
Таким чином, застосування методів нагрівання з оптимальним розподілом питомої потужності теплових джерел дає можливість значної економії енергоресурсів та суттєвого здешевлення собівартості зібраної машини чи механізму.

Енергія, Дж



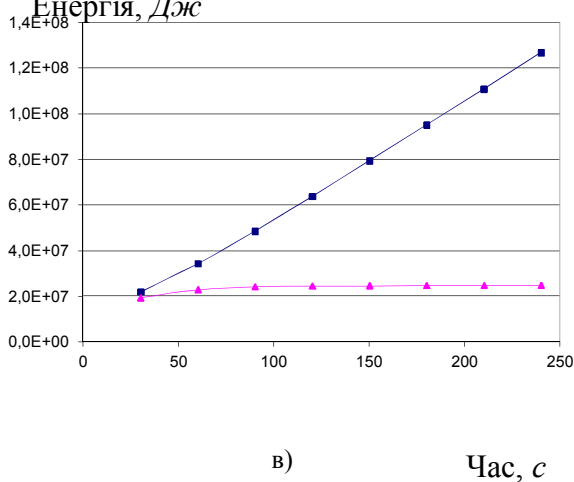
а)

Енергія, Дж



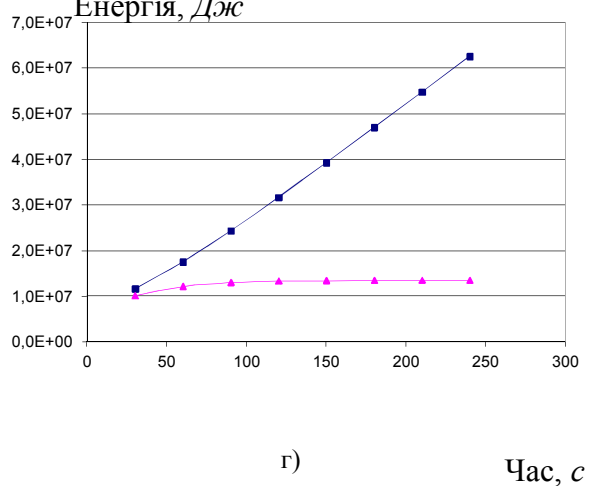
б)

Енергія, Дж



в)

Енергія, Дж



г)

Час, с

Рисунок. 1 - Загальні витрати енергії для нагрівання кільцевих дисків із а) сталі ЭИ481, б) титанового сплаву ВТ-6, в) алюмінієвого сплаву АД-33 у випадку оптимальної та сталої потужності (на графіках квадратним маркером позначено зміну сталої, а трикутним – оптимальної потужності).

Література

1. Новиков.М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов.- М.:Машиностроение, 1969.-630 с.
2. Андреев Г.Я. Тепловая сборка колесных пар .- Харьков: Из-во Харьк.ун-та, 1965.-320 с.
3. Шаблій О.М., Гашин Н.Б. Постановка задачі та розв'язуючі рівняння для створення необхідного поля переміщень у в'язко-пружних дисках при мінімальних енергетичних затратах // Вісник ТДТУ.- 2001. -Том 6, № 1. - С. 5-11.
4. Шаблій О.М., Гашин Н.Б. Оптимізація посадки кільцевого диска на круглий вал // Вісник ТДТУ.- 2001. -Том 6, № 2. - С. 5-11.
5. Шаблій О.М., Гашин Н.Б. Посадка кільцевого диска на круглий вал з використанням теплових джерел сталої питомої потужності.- Львів: Машинознавство.- 2001. - № 8. - С. 6-9.

Одержано 17.05.2006 р.